

1. 施設運営

1-1. 組織

フォトンファクトリー（PF）は、大学共同利用機関法人・高エネルギー加速器研究機構（KEK）・物質構造科学研究所（IMSS）放射光実験施設が、同研究所放射光科学第一研究系・第二研究系、加速器研究施設加速器第六研究系、その他の機構内の各組織とともに運営する放射光施設である（図 1-1）。各組織の概要は以下の通りである。詳細は第 2 章から第 4 章に記載されている。

放射光実験施設には運営、基盤技術、測定装置の 3 部門、放射光科学第一研究系には表面科学と固体物理学の 2 研究部門、放射光科学第二研究系には構造生物学と材料科学の

2 研究部門が置かれている。また、物質構造科学研究所には、横断的な組織として、構造生物学研究センター（SBRC）と量子ビーム連携研究センター（CIQuS）が置かれていたが、2023 年度からは新領域開拓室が新設された。

光源加速の整備・高度化は、加速器研究施設の加速器第六研究系が担当している。また、将来光源につながる加速器科学研究や技術開発を推進している。2023 年度から系内のグループ体制を少し変更し、光源第 1 グループから第 7 グループまで、7 つのグループとした。

図 1-2 に、フォトンファクトリーの詳細な組織図を示す。

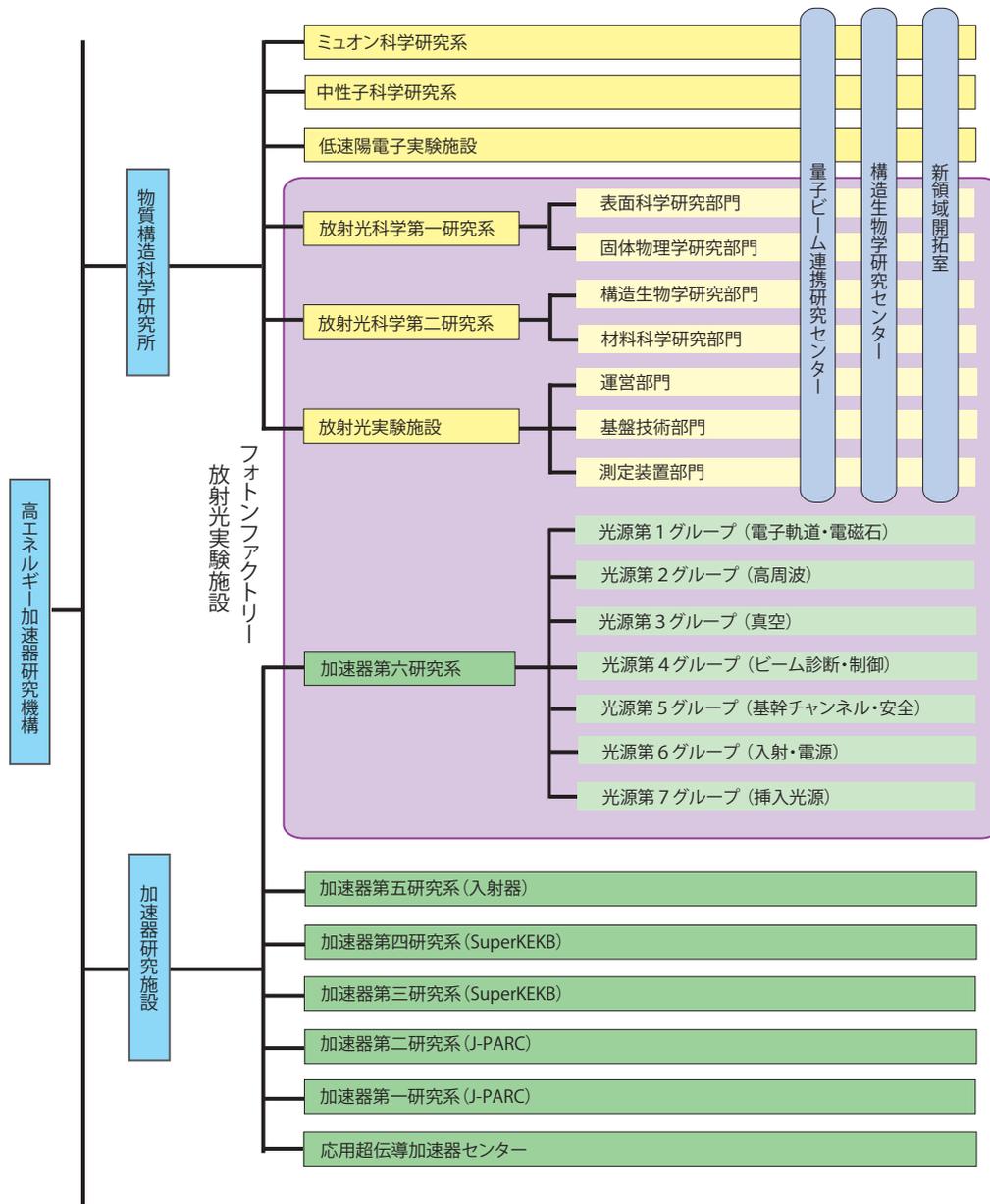
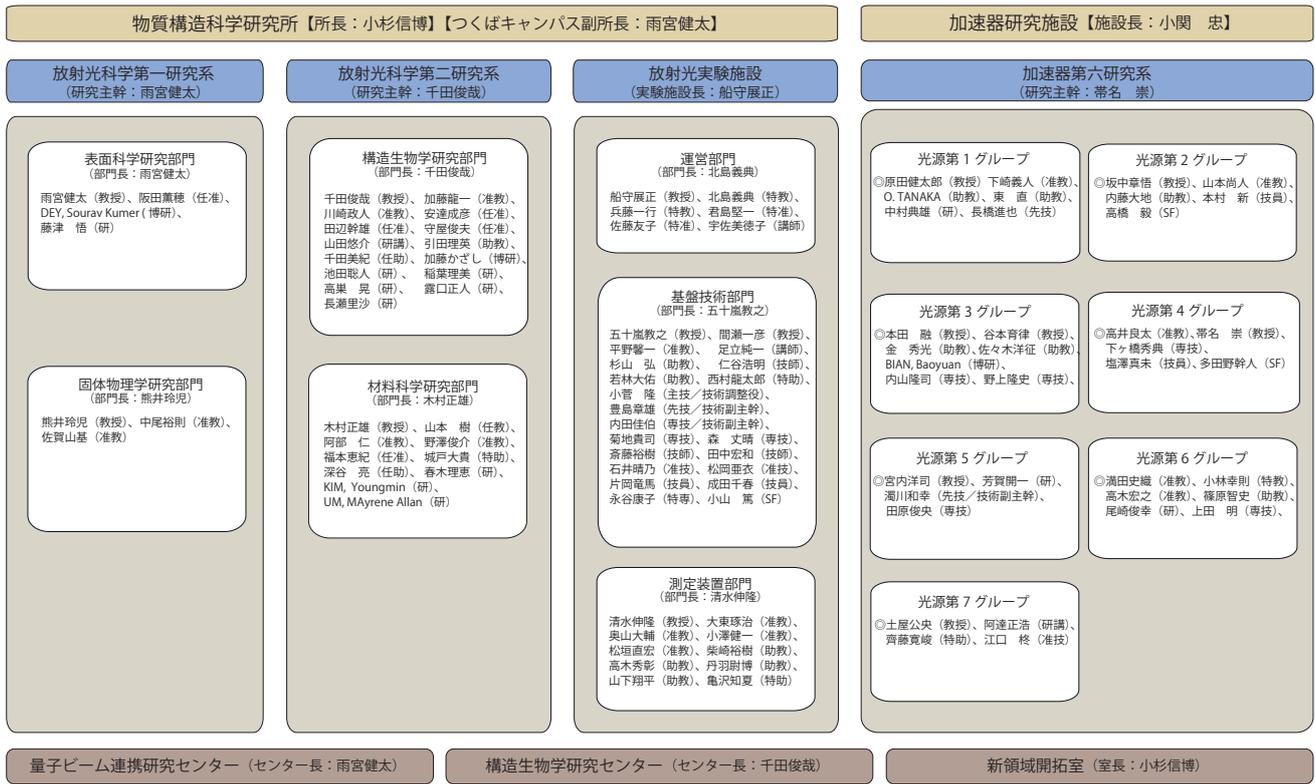


図 1-1 放射光実験施設 フォトンファクトリーの組織（2023 年度）



※◎グループリーダー
 特教：特別教授、任教：特任教授、准教：准教授、特准：特別准教授、任准：特任准教授、研講：研究機関講師、特助：特別助教、任助：特任助教、博研：博士研究員、研：研究員、先技：先任技師、専技：専門技師、准技：准技師、技員：技師、特専：特別技術専門職、DF:ダイヤモンドフェロー、SF:シニアフェロー

図 1-2 詳細組織図 (2023 年度)

1-2. 予算

2021年度まで「フォトンファクトリーによる物質と生命の探究」の予算は、大規模学術フロンティア促進事業のプロジェクト経費として、運営費交付金および先端研究推進費補助金で措置されており、2021年度配分額は1,835,916千円であった。プロジェクト経費の配分額は15年前の約59%まで減少している。2022年度からは放射光実験の予算は基幹経費化されることとなり、2022年度は2021年度と同額の1,835,916千円、2023年度は1%減の

1,817,557千円が措置された。2023年度には要求した施設整備補助金（光源加速器の老朽化対策と開発研究多機能ビームラインの整備）は措置されなかったため、予算的には厳しい状況が続いた。

2024年度の当初予算は2023年度当初予算から1%減（1,799,382千円）とされたが、機構長裁量による機構内の配分と自己収入（施設利用料見合）を加えて運転時間をできる限り確保するように努力している。

1-3. 運転

2023年度のフォトンファクトリーの2つの放射光源加速器（PF リングおよび PF-AR）の運転スケジュールを図1-3に示す。2023年度は、前年度から延期していた入射器の加速管更新作業時間確保のために夏期の停止期間を例年より長く6月中旬から10月いっぱいまで取ることとなった。PF リングは、第1期を例年より前倒して外気温が高くなる前の4月下旬から6月中旬までの運転として

節電に努めたが、年間の全加速器運転時間はPF リングが3,648時間、PF-ARが2,760時間、計画されたユーザー運転の時間はPF リングが3,096時間、PF-ARが2,184時間と2022年度より10%以上短くなった。なお、運転時間には「産業利用促進運転日」を含んでいるが、詳しいことは1-5. 産業利用の項で触れる。図1-4にPF リングおよびPF-ARの過去の利用運転時間統計を示す。

Timetable of the Machine Operation in FY 2023

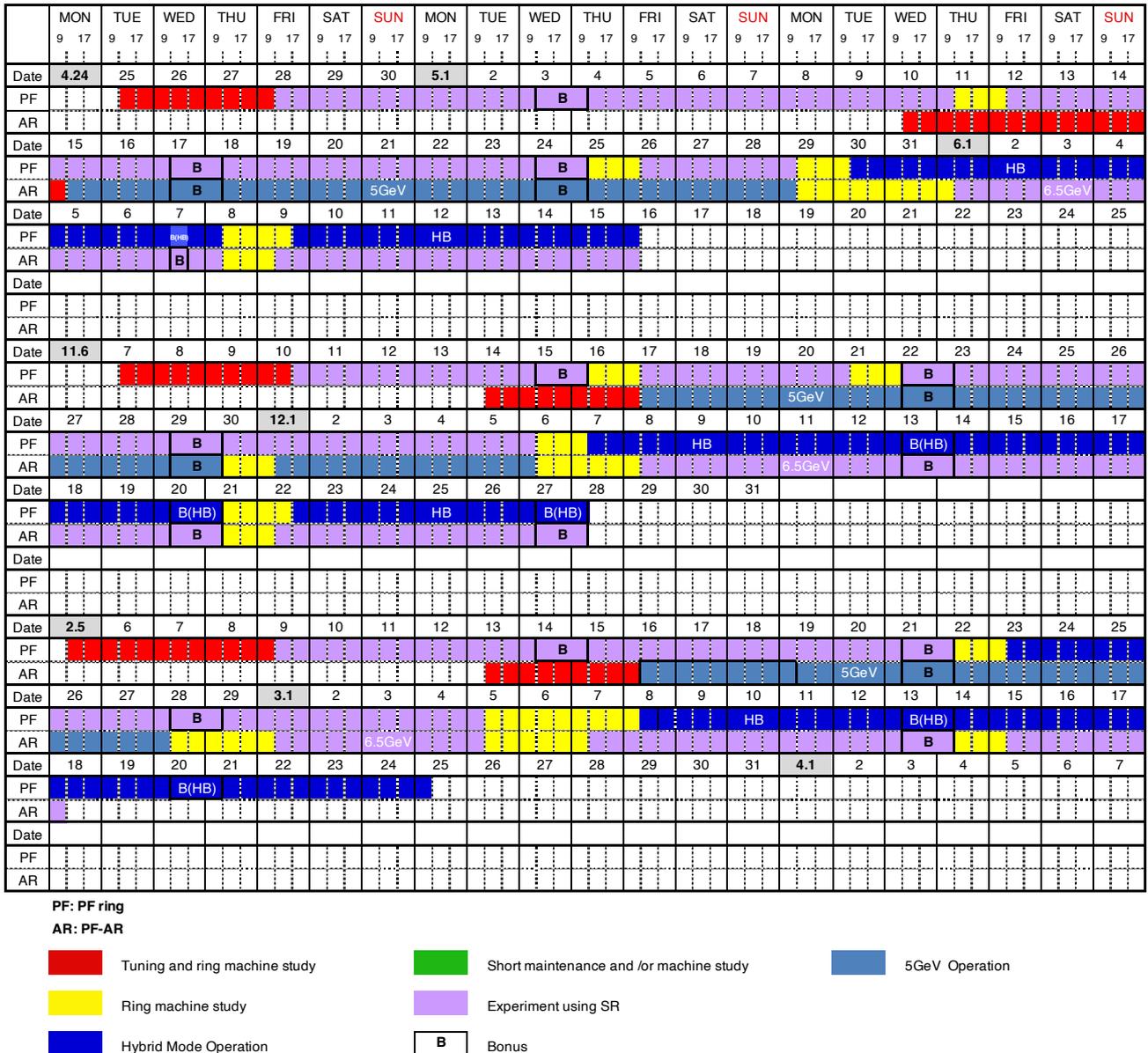


図1-3 2023年度のPF および PF-AR の運転スケジュール

2011年度のPFユーザー運転時間減少は東日本大震災による被災と復旧作業によるもの、2014年度の減少はプロジェクト経費の減額と電気料金の高騰によるもの、2016年度のPF-ARユーザー運転時間の減少は、PF-AR直接入射路工事によるものである。2020年度は、新型コロナウイルス

感染症の拡大に伴う第I期の運転中止のため運転時間が大幅に減少したが、2021年度以降は運転時間を大幅に回復させることができた。2023年度の減少は、上述の通り、入射器の作業のためである。



図 1-4 ユーザー実験に供された運転時間統計

1-4. 利用

大学共同利用機関法人である KEK の放射光施設フォトンファクトリーの利用の中心は無償・成果公開の学術利用である「共同利用実験」であるが、その他にも様々な利用制度を用意している。

(1) 放射光共同利用実験

放射光共同利用実験は成果公開の学術利用であり、放射光共同利用実験審査委員会 (PF-PAC) における課題審査を経て無償で利用できる制度である。実験課題は半年ごとに公募する G 型 (一般: 2 年間有効)、S2 型 (特別: 3 年間有効)、T 型 (大学院生奨励) の他、随時受付の U 型 (緊急重要)、P 型 (初心者)、S1 型 (装置整備を含む) に分類されている。2023 年度に実施された課題数は、G 型 678 件、S2 型 7 件、T 型 4 件、U 型 1 件、P 型 15 件であった。採択された課題の課題名は、PHOTON FACTORY NEWS 及び PF のウェブサイトで開催しているが、2023 年度中に有効であった S 型課題のリストを表 1-1 に示す。

(2) マルチプローブ共同利用実験

物質構造科学研究所では、放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子の 4 種の量子ビームを複合的に利用するマルチプローブ実験を推進しており、物構研の複数の量子ビームを利用する実験課題をマルチプローブ共同利用実験課題と

して公募している。2021 年度からは「エキスパートタイプ」(有効期間 3 年) と「スタンダードタイプ」(有効期間 1 年) の募集が開始されている。2023 年度の放射光を利用する有効課題は、前年度までに採択された 2 件に加えて、新規のエキスパートタイプ 2 件、スタンダードタイプ 1 件の合わせて 5 課題があり、そのうち 3 件でビームタイムが利用された。

(3) PF 課題

施設戦略の可視化、創出成果の最大化、共同利用実験課題以外へのビームタイム配分の明確化などを目的として、従来の「所内優先課題」や「施設留保課題」を整理した PF スタッフを対象とする「PF 課題」の運用が 2021 年度から開始されている。PF として推進すべき課題 (技術開発や分野開拓など) として位置づけられた PF-S 課題と PF-G 課題 (利用研究の推進)、PF-T 課題 (教育・人材育成の推進)、PF-SBRC 課題 (構造生物学研究センターの研究推進)、PF-CIQuS 課題 (量子ビーム連携研究センターの研究推進) が設定されている。2023 年度に実施された PF 課題は、PF-S 2 件、PF-G 28 件、PF-T 8 件、PF-SBRC 15 件、PF-CIQuS 7 件であった。PF-S 2 件は、いずれも 2021 年度からの継続課題であったが、改めて以下に紹介する。

表 1-1 2023 年度に有効であった S 型課題一覧

課題番号	実験責任者 (所属)	課題名	ステーション
2020S2-002	中村 智樹 (東北大学大学院理学研究科)	小惑星探査機「はやぶさ 2」リターンサンプルの放射光 X 線回折実験	3A
2021S2-001	佐藤 宇史 (東北大学大学院理学研究科)	マイクロ ARPES による新奇トポロジカル物質の特異電子状態の解明	28A/B
2021S2-002	組頭 広志 (東北大学 多元物質科学研究所)	オペラント ARPES による新原理モットトランジスタの開発	28A/B, 2A/B
2021S2-003	小澤 健一 (KEK 物構研)	顕微軟 X 線分光による機能性材料の電子状態可視化と物性・反応との相関研究	13A/B, 3B
2021S2-004	山崎 裕一 (物質・材料研究機構)	トポロジカル磁性体における位相欠陥と拡張多極子の動的構造可視化	11B, 13A/B, 16A, 2A/B, 3A, 4C, 8A
2022S2-001	木村 正雄 (KEK 物構研)	マルチスケール X 線顕微鏡法のデジタルツイン解析による高度化	AR-NW2A, 19A/B, 15A1, 9A, 9C, 12C, AR-NW10A
2023S2-001	高橋 嘉夫 (東京大学大学院理学系研究科)	STXM を用いた小惑星リュウグウ研究の深化や生命進化研究の推進	19A/B

2021PF-S002：多目的軟X線時間分解計測システムの開発（実験責任者：足立純一）

本プロジェクトでは、PF 2.5 GeV リングの特長を活かし、軟X線領域でのナノ秒時間分解実験の展開のため、計測装置の整備を進め、実証実験を行った。

軟X線実験の対象の拡張を実現するため、大気圧 He 環境と軟X線ビームラインとの接続を可能にする差動排気系の動作実証を行うことができた。しかし、実際の大気圧 He 環境下実験では、He 消費量が多量となる。He 需給問題を考慮し、積極的に改良を進めることは延期とした。

最も注力してきた時間分解軟X線分光実験では、整備した信号記録装置を活用して、レーザー pump-放射光 probe スキームにより、透過法による水溶液中の金属錯体分子についての時間分解軟X線吸収スペクトルの計測に成功した [1]。この計測システムを用いて、pump レーザーの波長と対象試料の拡張を進める実験を継続している。また、このような放射光のパルス性を活用した時間分解計測を継続的に進められるよう、軟X線領域で十分な感度を有する高速応答シリコンフォトダイオードやシリコンアバランシェフォトダイオードの性能評価を行うとともに [2]、これらの利用に必須となる 10 GHz 帯域の高耐電圧バイアスティーを製作した。

加えて、軟X線領域における時間分解実験の試行実験を行うため、真空層内に 3 軸動作の試料ステージを備えた多目的実験槽を用意した。汎用性が高いと期待される、希薄反応ガス存在下での光触媒反応を調べるための実験セルを準備し [3]、レーザー pump-放射光 probe 法による実証実験を行った。現段階では、有意なデータを得ることができておらず、計測用のセルの大幅な改良が必要とされている。

希薄な対象試料への展開を目指して、この実験槽内にアルミニウム薄膜による可視光遮へいフィルターを備えたシリコンドリフト検出器を設置し、検出イベント毎の時刻が記録できるデジタル信号処理器を利用した実験を行うことができた。これにより、10 ns 刻みで時分割した出力電荷の記録による部分蛍光収量スペクトルの測定が可能になった。

- [1] F. Kumaki *et al.*, J. Chem. Phys. **158**, 104201 (2023).
- [2] 足立純一ら、9P01「高速応答フォトダイオードによるパルス軟X線光量の計測」、第 36 回日本放射光学会年会 (2023/1/7-9, 草津)。
- [3] 足立純一ら、11P41「メンブレンチップ上にスピノーターにより塗布した薄膜試料の軟X線吸収スペクトルの複合計測の試み」、第 37 回日本放射光学会年会 (2024/1/10-12, 姫路)。

2021PF-S003：軟X線領域のコヒーレンスを利用したイメージング手法の技術開発（実験責任者：中尾裕則）

共鳴X線散乱 (RXS) は、元素の吸収端を利用することで、元素だけでなくその軌道選択的に電子状態の周期構造を調べることができるユニークな実験手法である。特に、超伝導・巨大磁気抵抗効果・巨大電気磁気効果など多彩な物性

を発現し注目される $3d$ 遷移金属酸化物・ $4f$ 希土類金属化合物の新奇な物性の起源を担う $3d$ ・ $4f$ 電子状態を直接的に観測するためには、軟X線領域を利用する必要がある。実験責任者らは、PF において共鳴軟X線散乱実験用の真空中X線回折計群を開発し、数多くの成果を上げてきた。さらに、軟X線領域のRXSで観測された信号強度は桁違いに強く、PF においてもコヒーレンスを利用した研究が可能であることを明らかにした。この結果を受け、RXS 手法と光のコヒーレンスを組み合わせた磁気イメージング研究を立ち上げ、磁気スキルミオン格子のコヒーレント回折イメージング (CDI) に世界に先駆けて成功した。

これまでに広視野・低分解能実空間イメージングから狭視野・高分解能 CDI まで連続的に変化させる測定手法の着想に至り、このアイデアを具現化したマルチスケール軟X線回折顕微鏡の開発・利用研究を進めた。また当顕微鏡の逆空間信号に注目することで、磁性体中のトポロジカル欠陥構造に対する新たな観測手法を見出した。このように軟X線領域のコヒーレンスを利用したイメージング手法は、まだまだ未開拓で、様々な可能性を秘めている測定手法と言える。本課題では、先端的な手法開発を推進し、PF らしい測定してみても初めて明らかになるような発見を引き続き目指す。また、観測対象にマッチした測定手法を明らかにし、その後の利用展開に向けた重要な指針を得ることも可能となる。本課題を通じて様々な取り組みをしてきたが、特に入射X線をフレネルゾーンプレートで集光させた走査型の共鳴軟X線散乱実験に向けた装置開発を重点的に行い、電子秩序相のドメイン観測ができるようになってきたところである。

また、イメージング手法の主な研究対象である磁気テクスチャは、その物性を理解する上で、外場に対する応答、すなわち様々な時間スケールでの時間応答を捉える手法の開発が必要である。これに関しては基盤技術部門の時間分解チームと組むことにより推進し、外場であるマイクロ波に応答する磁気共鳴状態の観測も実現した。

(4) その他のビーム利用

上記以外のビーム利用課題として、共同研究課題 (C 型：PF スタッフと外部機関の研究者による共同研究) と有償利用である一般施設利用課題 (Y 型)、国又は国が所管する独立行政法人その他これに準ずる機関が推進するプロジェクトとして採択された研究課題の実験を行うための優先施設利用課題 (V 型)、初めての放射光利用を支援するための試行施設利用課題 (L 型) が設定されている。2023 年度には、C 型 9 件、Y 型 33 件、V 型 3 件、L 型 10 件の利用があった。また、インドビームライン (BL-18B) のインド国内研究者の利用は協定により行われており、2023 年度は 12 件の課題が実施された。

(5) ビームタイム配分

ビームタイムの配分は、年間を 5 月～7 月、10 月～12 月、1 月～3 月の 3 期に分け、期ごとに PF-PAC の分科に対応

したビームライン群で検討される。その際、共同利用実験以外の有償利用と PF 課題の合計が前ビームタイムの 25% を超えないようにしている。

2023 年度に有効であった共同利用実験課題の評点分布と、ビームライン毎のビームタイムの配分状況の詳細については、「付録 2 PF の活動に関する統計データ」にまとめた。

(6) 有効実験課題数と登録ユーザー数

図 1-5 に、2009 年度から 2023 年度の有効実験課題数と登録ユーザー数の推移を示す。2023 年度の全ユーザー数は 2523 人であり、2022 年度と同程度だったが、2019 年度以前よりは減少している。これは新型コロナウイルス感染症対策として、ユーザーが PF に来所しないリモート測定実験・全自動測定実験の割合が増加したことに起因してい

ると考えられる（来所しないユーザーは放射線業務従事者登録手続きや共同利用者宿泊施設の申し込み等が不要なため、ユーザー登録しない場合が多い）。登録ユーザーの地域分布を図 1-6 に示す。

(7) 利用実験による研究成果（学術論文登録状況）

KEK 研究成果管理システムに登録された「PF を利用した 2023 年に学術誌等に掲載された論文」数は、2024 年 7 月末現在の集計で、549 報であり、PF 創設以来の累計は 21,100 を超えた。PF の研究成果として登録された論文数の年度推移を図 1-7 に示す。PF スタッフが著者に含まれる論文のリストを第 6 章に、登録論文のうち被引用数の多いもののリストを第 7 章にまとめてある。

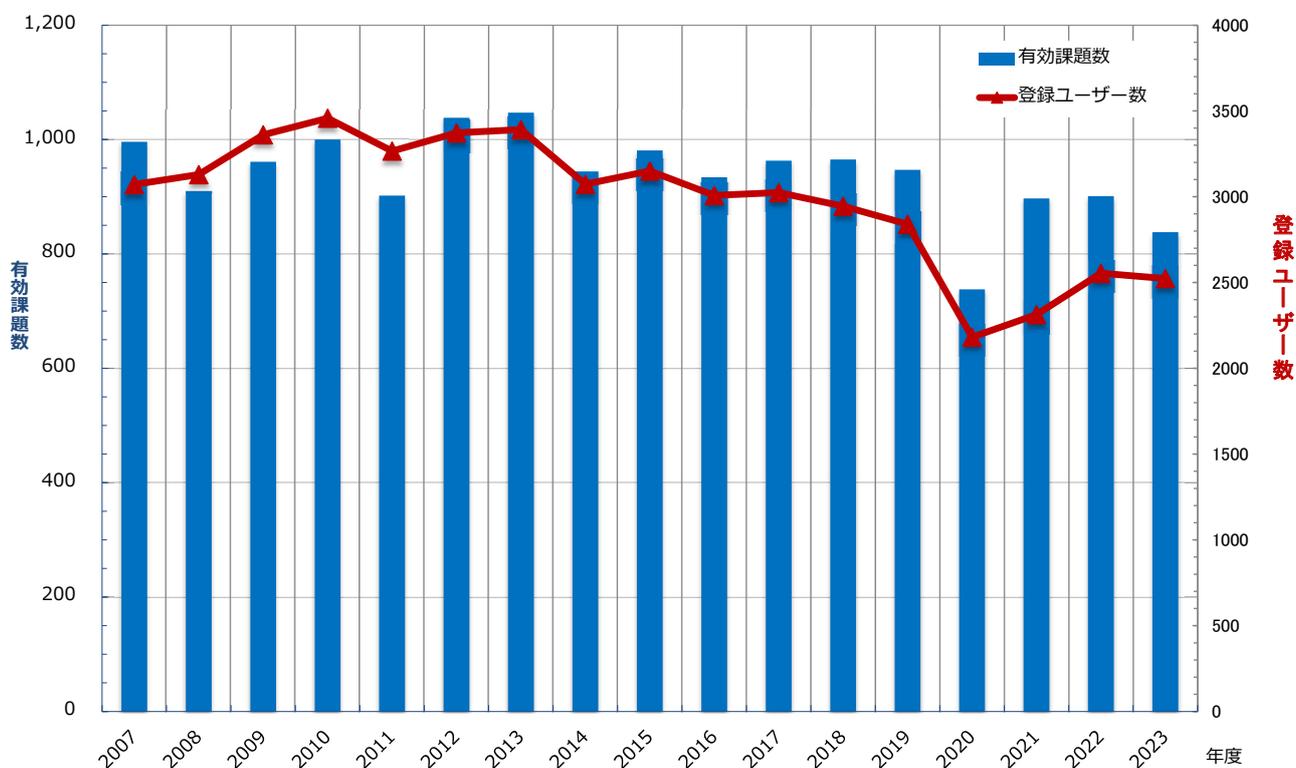


図 1-5 年間の有効実験課題数と登録ユーザー数の推移

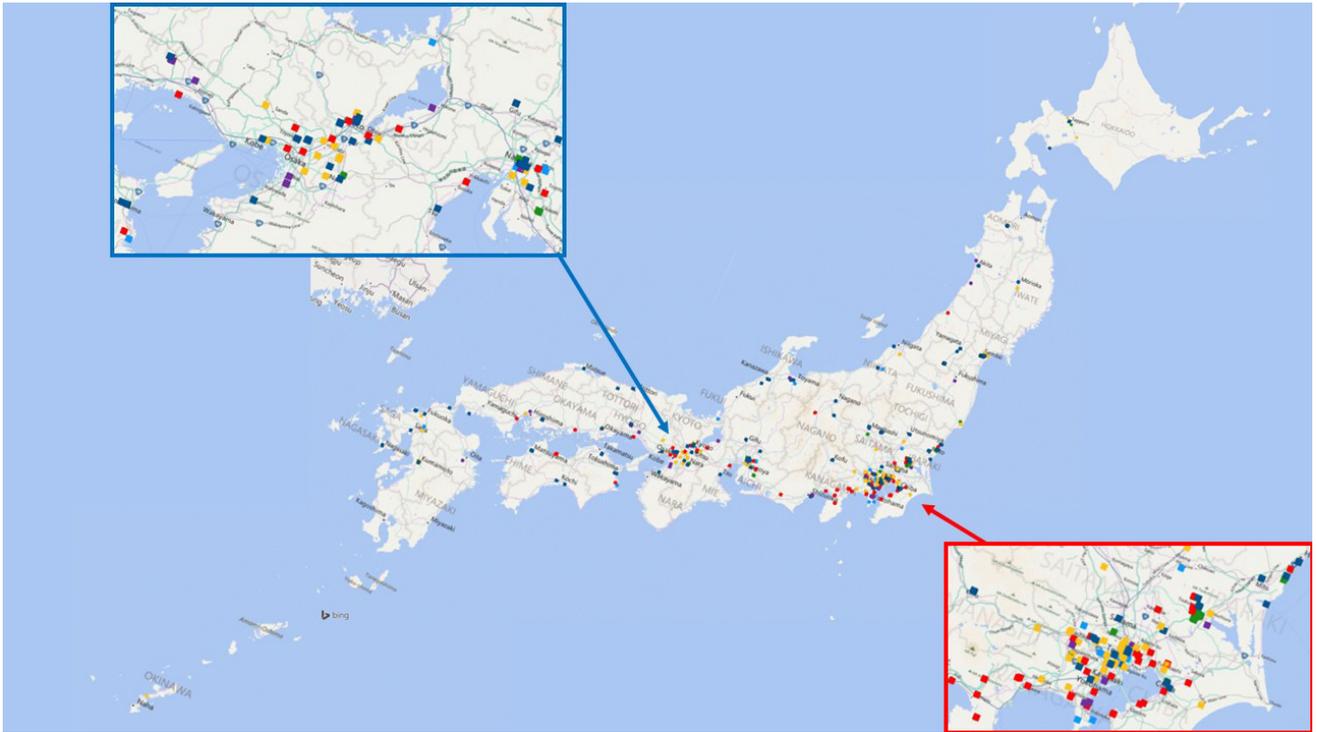


図 1-6 登録ユーザーの地域分布

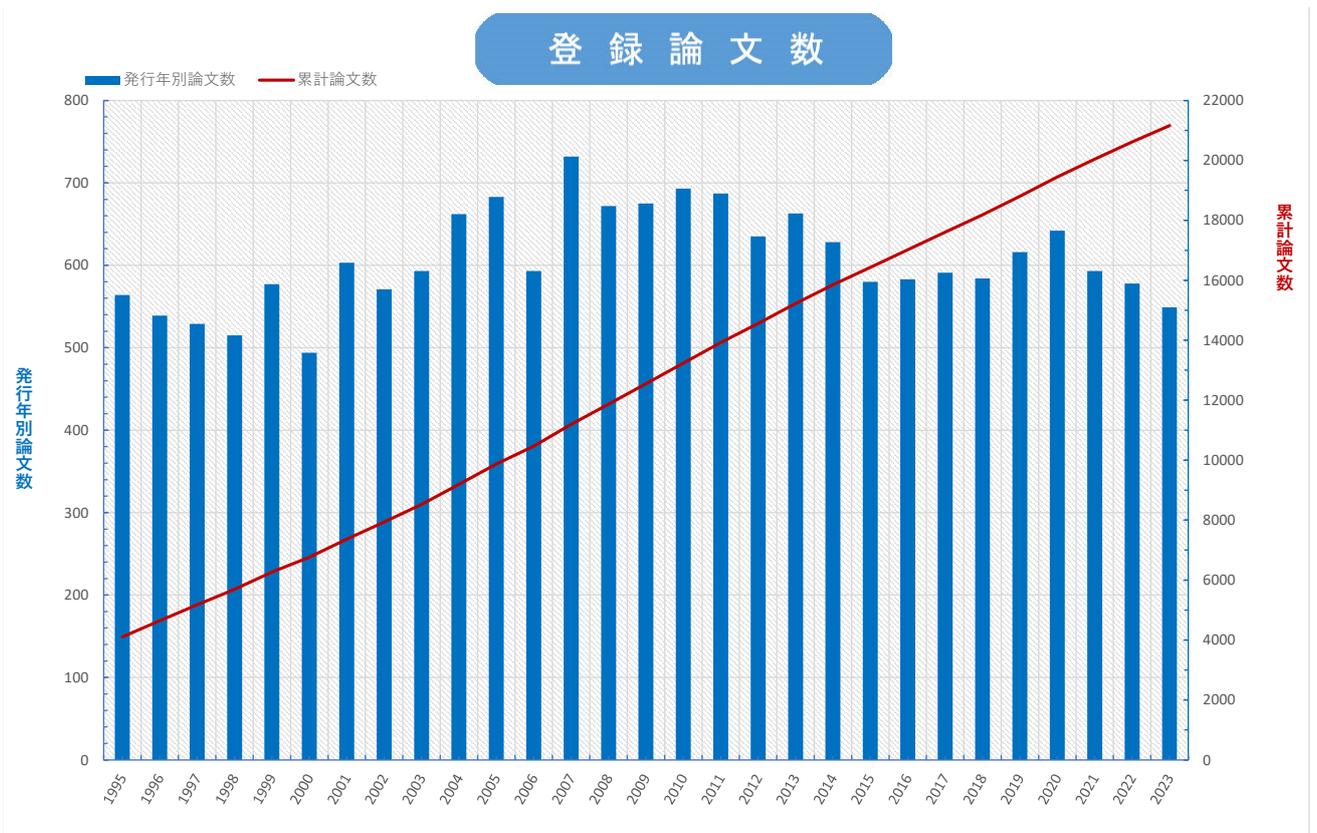


図 1-7 登録論文数の推移（単年度と累計）

(8) ユーザーグループ (UG) 運営ステーション

フォトンファクトリー (PF) では、PF スタッフにより運営される通常のステーション以外に、ユーザーグループ (UG) または大学の部局等によって運営されるステーションおよび装置があり、それぞれユーザーグループ (UG) 運営ステーション、ユーザーグループ (UG) 運営装置、大学等運営ステーションと呼んでいる。

1) ユーザーグループ (UG) 運営ステーションおよび運営装置

UG 運営ステーション・運営装置は、放射光利用実験における UG の活動を尊重し、PF 全体の研究活動の活性化に資するとともに、ユーザーグループの積極的な施設運営への参加協力により、PF スタッフの人的資源の不足を補うことを目的としており、特定のステーション・実験装置を UG と PF との共同で運営している。手続きとしては、まず対象となる実験ステーションまたは装置の運用に関して UG から提出された計画書を基に、物構研と UG との間で覚書を取り交わし、ステーション等の運営を物構研から UG に委嘱する。当該 UG は、所内担当グループと協議の

表 1-2 ユーザーグループ (UG) 運営ステーション一覧

運営 WG 名	ステーション名	代表者	有効期間
表面科学	BL-3B	吉信 淳 (UG, 東京大学) 櫻井 岳暁 (運営 WG, 筑波大学)	2021/4 ~ 2024/3
粉末回折	BL-4B2	植草 秀裕 (東京工業大学)	2021/4 ~ 2024/3
物質物理	BL-6C	八方 直久 (広島市立大学)	2021/4 ~ 2024/3
鉱物・合成 複雑単結晶	BL-10A	栗林 貴弘 (東北大学)	2021/4 ~ 2024/3
高圧物性	BL-18C	高橋 博樹 (UG, 日本大学) 鍵 裕之 (運営 WG, 東京大学)	2021/4 ~ 2024/3
放射線生物, 原子力基盤 研究	BL-27A/ BL-27B	横谷 明德 (量研機構) 岡本 芳浩 (原研機構)	2022/4 ~ 2025/3
高圧物性	高温高圧 実験装置 MAX-III (AR-NE7A)	高橋 博樹 (UG, 日本大学) 久保 友明 (運営 WG, 九州大学)	2022/4 ~ 2025/3
X 線顕微分 光分析	BL-4A	宇尾 基弘 (東京医科歯科大学)	2023/4 ~ 2026/3

上、代表者および若干名からなる運営ワーキンググループ (以下運営 WG) メンバーを選任し、ステーションの運営の実務を行う。運営 WG メンバーに対しては KEK の共同研究研究員を委嘱し、一方、PF 側は当該ステーション等の担当職員を指名して運営 WG との連絡調整を行うとともに、ビームライン調整等のための旅費のサポートを行っている。UG 運営ステーションの有効期間は最長 3 年間とし、更新に際しては当該期間のユーザーグループの活動内容に関する協議を行うこととしている。

2023 年度にユーザーグループにより運営されたステーション・装置を表 1-2 にまとめた。このうち、2024 年 3 月に有効期間満了を迎える UG 運営ステーション・装置 (BL-18C, BL-4B2, BL-6C, BL-10A, BL-3B) については継続のための評価委員会が実施され、全て 2024 年 4 月から 3 年間、UG による運営が継続されることとなった。

2) 大学等運営ステーション

大学等運営ステーションは、放射光科学の教育・研究推進に関する合意書を PF と大学の部局との間で締結し、ステーションの運営を PF から大学に委嘱する仕組みである。ステーションの運営形態は UG 運営ステーションにほぼ準ずるが、大学の教育・実習等にビームタイムが活用されている点が特徴的である。

BL-20A は、東京工業大学と PF の合意書に基づき、両者が共同で運営する大学等運営ステーションである (表 1-3)。このステーションでは、東京工業大学の教員が PF スタッフと協力して大学院教育および一般の共同利用に関わるステーション運営の実務を行っており、2023 年度も東京工業大学大学院修士課程の演習科目が実施されたが、諸般の事情により、2024 年度からはユーザーグループ運営ステーションに移行することとなった。

表 1-3 大学等運営ステーション一覧

運営 WG 名	ステーション名	運営 WG 代表者名	有効期間
東京工業大学理学院化学系	BL-20A	北島 昌史 (東京工業大学)	2021/4 ~ 2024/3

1-5. 産業利用

(1) 概況

2023年度現在、PFの産業利用は、成果専有・非公開の一般施設利用（Y型課題）と成果公開を基本とする民間等共同研究（C型課題）の2つの有償利用制度を中心に運用されている。それらに加えて、2017年度から本格的に立ち上がった試行施設利用制度（L型課題）と若干の無償・成果公開の共同利用課題（G型課題等）が実施されている（表1-4）。試行施設利用制度は、2007年度（平成19年度）から9年間続いた文部科学省補助事業による無償利用制度（トライアルユース、TU制度）が2015年度末で終了したのち、産業界ユーザーからの要望に応えるとともに、新規ユーザー・手法開拓を目的に2017年度に立ち上げた制度である。

産業利用の実験時間数を図1-8に示す。コロナ禍を機に、代行測定・リモート実験の整備が進み、来所実験が必要であったビームラインにおいても来所せずに放射光実験が可能になりつつある。

(2) 普及活動，利用支援体制

試行利用制度の2023年度の利用件数は、10課題（その内、民間企業の利用は9課題）であった。最近では、STXM（走査型X線透過顕微鏡：BL-19A/B）での利用ケースが多い。また、2016年度下期に有償支援制度が制定され、2017年度のビームタイムから利用が進んでおり、従来は十分な対応が困難であった実験支援・解析支援やコンサルティングを確実に実施できるようになった。民間企業による産業

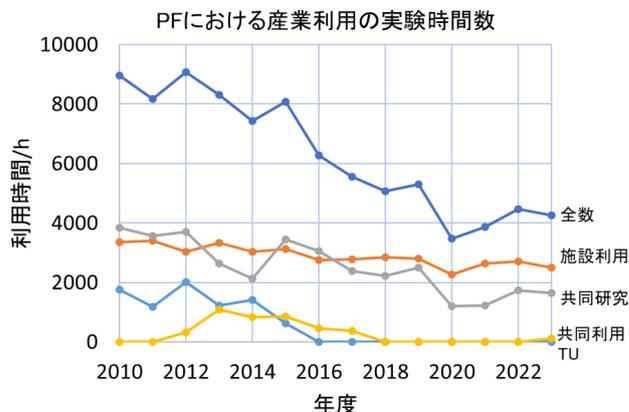


図1-8 産業利用の実験時間数

利用の様々なニーズに、よりきめ細かく対応する制度体系が構築されており（表1-5）、タンパク質結晶構造解析、SAXS（X線小角散乱）、HX-XAFS（硬X線吸収分光）を中心に多数の支援実績がある。その他に、一般施設利用のオプションとして一部のビームラインでは、代行測定・解析制度を実施している。今後、対応可能な手法が増える見込みである（表1-6）。

産業利用促進運転日（産促日）を実施した。産促日は、従来の機構の予算による運転とは別に施設利用等の利用料収入を用いた放射光加速器の運転である。産業利用の推進を主な目的に運転時間の延長を行っており、2018

表1-4 フォトンファクトリーの利用制度

制度	利用料	有効期間	募集/年	成果の取扱	備考・利用料等
一般施設利用	有償 ^{*1}	—	随時	成果専有 非公開可	通常ライン：28,600円/時 高性能ライン：57,200円/時
試行施設利用 ^{*2}	有償	—	随時	成果専有 非公開可	通常ライン：15,400円/時 高性能ライン：30,800円/時
民間等共同研究	有償	半年～複数年	随時	公開	
共同利用	無償	2年(基本)	2回	公開	応募資格に制限有り ^{*3}
優先施設利用	有償	年度内	随時	公開	応募資格に制限有り ^{*4} 通常ライン：15,400円/時 高性能ライン：30,800円/時

※1：一部の手法（ビームライン）ではオプションとして、利用支援、代行測定・解析なども用意されています。

※2：試行施設利用は初めてのご利用を対象としたものです。

※3：学術目的の実験課題であること。

※4：国又は国が所管する機関のプロジェクトで採択された研究課題であること（科研費を含む）。

※高性能ライン：アンジュレーター、マルチポールウィグラー等を光源とするライン。

(BL-1A、2A/B、3A、5A、13A/B、15A1/A2、16A、17A、19A/B、28A/B、AR-NE1A、AR-NE3A、AR-NW12A、AR-NW14A)

年度から実施している。2021年度から、PFだけでなく、PF-ARでも産促日を実施している。実施時期はそれぞれの運転期間の最終期間に設定され、I期（5-7月期）はPF 2日間（48時間）/PF-AR 1日間（24時間）、II期（10-12月期）はPF 3日間（72時間）/PF-AR 1日間（24時間）、III期（1-3月期）はPF 1日間（24時間）/PF-AR 1日間（24時間）、産業利用が可能な全ビームラインで実施した。この期間は施設利用料収入で運転経費を賄い、有償利用による実験を優先した。一部のビームラインでは、随時利用

が可能になるように実施期間を分散させて運用した。2023年度は、運転経費の負担について、実験の実施時期にかかわらず原則として施設利用料収入の12%を運転経費に充当する運用がなされている。有償施設利用の希望がなかったビームライン・ビームタイムでは共同利用実験課題（G型課題・S型課題等）にビームタイムが配分され、PF全体として、大学共同利用を圧迫することなく企業等による有償施設利用の時間の確保と共に、企業のPF利用による大学共同利用への還元につながった。

表 1-5 フォトンファクトリーの実験・解析支援，コンサルティング制度

制度	利用料	対象利用制度	備考・利用料等
コンサルタント業務	有償	施設利用 ^{※1}	10,000 円 / 時 (利用時間は、ビームタイムと独立に設定)
測定解析補助・指導業務	有償	施設利用	30,000 円 / 時 (利用時間は、ビームタイムと独立に設定)

※1：一般施設利用・優先施設利用との併用を前提とする。

表 1-6 フォトンファクトリーの代行測定・解析制度

制度	利用料	対象利用制度	備考・利用料等
代行測定・解析業務	有償	一般施設利用 ^{※1}	<ul style="list-style-type: none"> ・利用料金は作業の内容により異なる ・実施実験手法：タンパク質結晶構造解析，X線小角散乱，硬X線吸収分光（XAFS），粉末X線回折

※1：優先施設利用は対象としない。

1-6. 教育・人材育成

(1) 大学共同利用における人材育成

PFの共同利用において、大学院生ユーザーの放射光の共同利用実験への参画は、国内外の大学における教育と研究の推進に資するのはもちろんのこと、企業、大学、研究機関において先端的な大型研究施設を活用する若手研究人材を育成するという観点からも、極めて重要である。2023年度の大学院生ユーザーの登録数は1029名、実習生として放射光実験に参加した大学の学部学生および高等専門学校の本科4年生以上に在籍する学生が321名で、これを合わせるとフォトンファクトリーを利用する年間のユーザー登録数(2523名)の過半数を占める。KEK研究成果管理システムのデータベースに2023年度取得として報告された学位論文数は、博士55、修士242の合計297件となっている。これまでの累計では、フォトンファクトリーでの利用実験により、総計6500件の学位論文が発表・登録されており、フォトンファクトリーの際立った特徴となっている。

(2) 総合研究大学院大学

総合研究大学院大学(総研大)は、1988年に国立大学(現在は国立大学法人)として創立された大学院大学である。2023年度までの各専攻は、4つの大学共同利用機関に直結して設置されており、学術研究の新しい流れに先導的に対応できる視野の広い創造性豊かな研究者を養成することを目指している。物質構造科学専攻では、先端的加速器から得られる放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子などの量子ビームを利用した最先端の科学研究を行っている。その分野は物理学、化学をはじめ、ナノテクノロジー、生命科学、医学応用、環境科学、地球物理学などの極めて広範囲かつ最先端の研究分野に亘る。また量子ビームの利用研究だけに留まらず、量子ビームの発生・利用技術の一層の高度化の研究を進めることにより、物質の新たなフロンティアの開拓に寄与することを目指している。2023年度にフォトンファクトリー内の講座に所属する総研大大学院生は5名であった。

(3) 大学院生奨励課題と特別共同利用研究員

大学院生奨励課題(T型課題)は、大学院生が課題責任者となって共同利用実験を行うことのできる放射光共同利用実験課題のカテゴリーとして、2014年度にスタートした。T型課題は書類及び面接審査を経て課題の採否が決定される。採択された場合には、大学院生が課題責任者として主体的に放射光研究を展開することができる。課題責任者の大学院生には、特別共同利用研究員としてPFに在籍することを義務付けており、所属大学の指導教員とPF内の受入教員の両方から研究指導を受けながら、PFの実験現場で研究を進めることができる。2023年度にはT型

表 1-7 総研大院生および特別共同利用研究員の受け入れ状況の年度推移

年度	総研大院生	特別共同利用研究員
2003	15	7
2004	14	5
2005	13	6
2006	9	10
2007	6	13
2008	6	10
2009	6	9
2010	5	10
2011	4	5
2012	3	6
2013	4	7
2014	3	7
2015	3	6
2016	6	7
2017	7	10
2018	9	11
2019	8	7
2020	10	4
2021	11	11
2022	9	9
2023	5	8

課題は1件が採択され、前年度からの継続課題3件と合わせて4件が実施された。

特別共同利用研究員の制度は、KEKで他大学の大学院生を受け入れる仕組みであり、T型課題の申請・採択は無くとも適用可能である。2023年度にフォトンファクトリー内で受け入れた特別共同利用研究員は8名であった。フォトンファクトリーの総研大院生および特別共同利用研究員の受け入れ状況の年度推移を表1-7に示す。

これらPFに籍を置く総研大生及び特別共同利用研究員は2021年度からスタートしたPF課題のPF-T(教育・人材委育成の推進)に応募することが可能で、2023年度は3人の大学院生がPF-T課題で実験を行っている(他の大学院生は通常共同利用実験等で研究を行っている)。

(4) 講習会

フォトンファクトリーでは、利用ユーザーの比較的多い計測分野を中心に、放射光計測に関連する講習会を定期的で開催している。2023年度に開催した講習会のリストを表1-8に示す。

対称性・群論トレーニングコースは、2014年の世界結

晶年（IYCr2014）を契機として、物構研の主催（第2回より日本結晶学会と共同主催）で開催している講習会であり、2022年度までに10回開催されており、第11回となった2023年は日本語コースに加え英語コースも開催された。

タンパク質結晶構造解析およびクライオ電子顕微鏡の講習会は、PF-UA タンパク質結晶構造解析ユーザーグループ、創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム（BINDS）と物質構造科学研究所の連携による講習会である。

2023年度に第15回となった日本放射光学会主催の「放射光基礎講習会」（PF共催）に加えて、ユーザー団体であるPFユーザーアソシエーション（PF-UA）が主催するPF-UAサマースクール「放射光分析手法の初学者向け勉強会」が初めてPF協賛で行われた。

なお、年報2022では含めていた一部のセミナーは、1-8（研究会・セミナー）の方に掲載することとした。

（5）大学院生を対象とした人材育成

PFでは、東京工業大学理学院化学系との間に締結された教育に関する協定で、BL-20Aを大学等運営ステーションとして運営を委託し、化学専攻の大学院生教育のための実験ステーションとして位置付けている。2011年度から毎年、修士課程の大学院生を対象とした実習が行われてきたが、2023年度も12月に5日間の実習が実施された。茨城大学は、2016年に大学院理工学研究科に全国的にもユニークな「量子線科学専攻」を新設し、量子ビームをツールとして活用できる人材育成に取り組んでいる。その取り組みのひとつとして、2023年12月にXAFS BL実習をBL-9Cで実施した。

これとは別に、茨城大学の大学院生を対象とした生体分子の光電子分光の実習（5月）と大阪医科薬科大学の医学部生を対象としたタンパク質結晶構造解析データ収集の実習（11月）が実施された。

表1-8 講習会リスト

実施日	講習会	参加人数	企業参加	内容
2023年7月10-14日	第11回対称性・群論トレーニングコース（英語コース） ¹⁾	14	可	講義, 演習
2023年7月24-28日	第11回対称性・群論トレーニングコース（日本語コース） ²⁾	42	可	講義, 演習
2023年9月19日	PF-UA サマースクール「放射光分析手法の初学者向け勉強会」 ³⁾	130	可	講義
2023年8月31日-9月1日	第15回日本放射光学会放射光基礎講習会「初心者ユーザーも知っておきたい放射光の作り方と使い方」 ⁴⁾	33	可	講義
2023年11月11日	第8回タンパク質結晶構造解析中級者向け講習会 ⁵⁾	102	可	講義
2024年2月27-29日	タンパク質結晶構造解析初心者向け講習会 ⁶⁾	54	可	講義
2024年2月29日-3月1日	第8回クライオ電顕解析初心者講習会～データ処理～ ⁷⁾	38	可*	講義, 実習

*CryoEM コンソーシアム入会企業の参加が可能

1) <https://pfwww.kek.jp/trainingcourse/12th/engcourse/>

3) <http://pfwww2.kek.jp/pfua/katsudo/20230629.htm>

5) <https://pf-form.kek.jp/tanpaku/chukyu/8th/>

7) <https://pf-form.kek.jp/sbr/cryoem-workshop-8/>

2) <https://pfwww.kek.jp/trainingcourse/11th/>

4) http://www.jssrr.jp/lecture_meeting15/

6) <https://pfwww.kek.jp/tanpaku/shokyu/12th.html>

1-7. 機関連携

(1) 大学等連携

フォトンファクトリー（PF）では、物質科学、生命科学、量子ビーム科学、加速器科学、などの研究領域の推進を図るとともに、大学における人材の育成、大学・研究機関との人材交流を発展させ、世界第一線で先導的な役割を果たすべく、国内の大学をはじめとする教育・研究機関との間で教育・研究開発の連携・協力を積極的に推進している。これらの目的を達成するために、KEK と各大学との間で

連携協力協定が締結され、PF が連携推進を実施する主体となり、他機関との連携による成果創出を進めている。

2023 年度に KEK との間で連携協力協定を締結している大学は、東京大学、佐賀大学、広島大学、名古屋大学、東京理科大学、東北大学、筑波大学、北海道大学、京都大学、九州大学、お茶の水女子大学、大阪大学、岩手大学、茨城大学である（表 1-9）。

表 1-9 大学との協定・覚書一覧

大学	協定・覚書等の名称
東京大学	放射光科学の研究推進について（学術研究交流の推進）
東京大学 物性研究所	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と東京大学物性研究所との放射光実験施設利用に関する覚書
東京大学 物性研究所	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と国立大学法人東京大学物性研究所との研究連携協力に関する協定
東京大学 理学部	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と東京大学理学部附属スペクトル化学研究センターとの共同研究に関する覚書
佐賀大学シンクロトロン光応用研究センター	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と佐賀大学シンクロトロン光応用研究センターにおける学術研究交流に関する覚書
広島大学	国立大学法人広島大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定、連携・協力に関する協定の有効期限の延長に関する合意書
名古屋大学	国立大学法人名古屋大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携・協力の推進に関する基本協定
東京理科大学	東京理科大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携・協力の推進に関する基本協定書、連携・協力の推進に関する基本協定の変更に関する合意書
東北大学	国立大学法人東北大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定
筑波大学	国立大学法人筑波大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定、連携・協力の推進に関する基本協定の変更に関する合意書
北海道大学	国立大学法人北海道大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携協力の推進に係る協定書 / 変更契約書
京都大学	国立大学法人京都大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携・協力の推進に関する基本協定書
九州大学	国立大学法人九州大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定
お茶の水女子大学	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構と国立大学法人お茶の水女子大学との連携・協力の推進に関する協定書
大阪大学	国立大学法人大阪大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携及び協力に関する協定
岩手大学	国立大学法人岩手大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定
茨城大学フロンティア 応用原子科学研究 センター	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と国立大学法人茨城大学フロンティア応用原子科学研究センターとの量子ビームによる生命・物質科学の研究推進に関わる連携協力協定

学術3施設連携（放射光学術基盤ネットワーク）

日本放射光学会から、拡大放射光施設代表者会議や評議員会での議論を経て、日本学術会議のマスタープラン2020に「放射光学術基盤ネットワーク」計画が提出された。PFと分子科学研究所 UVSOR、広島大学 HiSOR の学術3施設の連携と高度化を中心とした計画であり、大型研究計画として採択されている。この連携を基に、2023年度には文科省の「ロードマップ2023」に KEK 機構長を提案者、物構研所長を計画代表者として計画名称「物質・生命科学の研究分野を深化・融合・創成する放射光マルチビーム実験施設」で応募したが、残念ながら採択されなかった。

2021年度から本格的にスタートした「フォトンファクトリー新放射光源施設計画」に向けた R&D として進めている「開発研究多機能ビームライン」についての検討会を、上述の学術3施設の連携で2023年度内には6回開催した。この検討会から発展して、3施設に PF-UA を加えた4者の提案で2022年度に開催された PF 研究会「開発研究多機能ビームラインの建設と利用」proceedings が出版のされている <https://lib-extopc.kek.jp/preprints/PDF/2022/2225/2225006.pdf>。2024年度からは、この連携に東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設も加えて、次の研究会の開催を企画している。

(2) 国際協力

フォトンファクトリー (PF) では、海外8カ国、12の大学および研究機関との間で協定を結び、放射光科学・加速器科学分野における研究協力、研究者の交流、研究所間の相互訪問と情報交換等を実施している。協定の詳細について、表1-10にまとめた。

このうち、インド政府科学技術局 (DST) との協定では、PF リングの BL-18B を「インドビームライン」として貸与し、主にインド国内の研究者からの実験課題を受け入れている (インド以外の共同利用実験の申請も受け付けている)。第2期が2022年度で終了することとなっていたが、2023年度の前半は第2期の延長ということで12件の実験課題が実施された。インドビームラインのアクティビティは非常に高くデータベースに登録された2023年出版の論文は15報に上る。インドビームラインでは協定の延長を希望してインド政府と交渉していたが、残念ながら2023年度中には第3期の協定を締結することができず、2023年度後期は BL-18B の利用ができない状況になった。

スイスポール・シェラー研究所 (PSI) との協定に基づきでは、PF の運転が休止となる夏季 (8月~9月) を中心にタンパク質結晶構造解析ユーザーの実験をスイスライトソース (SLS) のビームラインを利用して全自動測定もしくはリモート測定で実施しており、2023年度は8~9月期に合計24課題、1249個の結晶の実験が行われた。

表1-10 海外研究機関との協定一覧

	機関	協定名称
中国	高能物理研究所 (IHEP)	KEK と IHEP との間における学術交流に関する協定
	上海高等研究院 (SARI)	KEK と SARI の学術交流に関する覚書
インド	インド政府科学技術局 (DST)	科学的・技術的協力に関する覚書の締結
	応用マイクロ波電子工学学会 (SAMEER)	KEK と SAMEER との間における学術交流に関する覚書
タイ	タイ放射光施設 (SLRI)	KEK と SLRI との間における学術交流に関する協定
台湾	台湾放射光研究センター (NSRRC)	KEK と NSRRC との間における先端加速器技術の開発及び応用に関する覚書
	清華大学 (NTHU)	KEK と清華大学との間における学術交流に関する覚書
米国	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)	KEK/IMSS と ANL との間における放射光科学分野の国際広報グループに関する覚書
	ブルックヘブン国立研究所 (BNL)	国立シンクロトロン光源プロジェクト II (NSLS- II) に関する覚書
ドイツ	ドイツ電子シンクロトロン研究所 (DESY)	KEK と DESY との間における学術交流に関する協定
スイス	ポール・シェラー研究所 (PSI)	KEK/IMSS と PSI との MX ビームラインのビームタイム相互利用に関する覚書
フランス	国立科学研究センター (CNRS)	KEK と CNRS との間における高エネルギー、天体粒子、原子核物理並びに物質科学に関する分野の協力関係に関する協定

1-8. 研究会・セミナー

(1) PF 研究会

フォトンファクトリー (PF) では、放射光科学における幅広い研究分野の推進を目的として、PF 研究会の開催提案を全国の研究者から年 2 回公募し、放射光共同利用実験審査委員会 (PF-PAC) で採否を審議している。2023 年度には表 1-10 に示すように「KEK におけるクライオ電子顕微鏡：これまでの 5 年間とこれから (クライオ電顕実験棟完成披露シンポジウム)」と「物質・生命科学研究における小角散乱法の展開：現状と展望のための討論会」の 2 件を PF 研究会として開催した。

クライオ電子顕微鏡は、放射光によるタンパク質構造解析を補完するものとして今日の構造生物学にとってなくてはならないものとなっており、世界各地の放射光施設にもクライオ電顕の施設が設置されるようになってきていることから、物質構造科学研究所の 4 種の量子ビームに加わる設備として整備されてきたクライオ電顕をテーマとする研究会が企画された。

(2) PF シンポジウム・量子ビームサイエンスフェスタ

PF シンポジウムは PF を利用するユーザーが年 1 度集い、PF での研究成果、施設運営、共同利用、将来計画等について報告・議論する場である。2023 年度の PF シンポジウムで 41 回目を数えたが、第 30 回 (2012 年度) からは中性子やミュオンと合同の「サイエンスフェスタ」内のプログラムとして開催されている。

2023 年度量子ビームサイエンスフェスタは、2024 年 3 月 5～7 日に水戸市民会館で開催された。今回は対面形式を原則としたが、初日の PF シンポジウムはオンラインでの傍聴も可能とし、3 日目の MLF シンポジウム内の「MLF 利用懇談会」はオンサイト・オンラインのハイブリッド形式となった (2 日目の「量子ビームサイエンスフェスタ」は完全オンサイト)。PF シンポジウムのセッションでは例年通り施設の現状と将来計画についての報告と議論が行われた。報告には、2021 年度から始まった PF-S 課題の報告も含まれ、また例年の PF ユーザーアソシエーション (PF-UA) 総会に加えて、PF-UA が 2023 年度から始め

た「PF-UA 学生論文賞」の授賞式と発表講演 (3 件) も行われた。

また、量子ビームサイエンスフェスタのサテライト研究会として、「量子ビームを用いた食品科学」「マルチプローブ、マルチスケールで見る金属材料の破壊メカニズム」の 2 件の CIQuS 研究会も開催された。

2023 年度量子ビームサイエンスフェスタ

<https://www2.kek.jp/imss/qbsf/2023/>

(3) その他の研究会等

フォトンファクトリー (PF) に関係する研究会等が、様々な主催者の企画で行われることもある。2023 年度には、2024 年 3 月 2 日に構造生物学研究センターが主催するシンポジウム「From reliable experimental data to reliable structural data (信頼できる実験データと構造情報を得るために)」<https://pf-form.kek.jp/sbrc/20240302symposium/> が開催された。

(4) セミナー

フォトンファクトリー (PF) に関係するセミナーが、様々な主催者の企画で行われている。2023 年度に PF 周辺で開催されたセミナーを表 1-11 にまとめた。

物構研コロキウムは、物質構造科学研究所の主催で 2013 年度から始められていたもので、2023 年度までに 61 回が開催されている。表には放射光・低速陽電子・クライオ電子顕微鏡に関係するもののみを挙げているが、この他に中性子やミュオンの利用に関するセミナーも行われている。

加速器セミナーは、加速器研究施設の主催で行われているもので、ここには放射光・低速陽電子に関係するもののみを挙げている。

表には、以上の他にも構造生物学研究センターや材料科学部門が主催したもの、PF 内で来訪者があった際に個別に開催されたもの、2023 年度末に退職となった小杉信博・物構研所長と坂中章悟・加速器 6 系教授の退職記念講義・セミナーを含めている。

表 1-10 PF 研究会リスト

日程	題名	参加登録人数
2023/9/28-29 ¹⁾	KEK におけるクライオ電子顕微鏡：これまでの 5 年間とこれから (クライオ電顕実験棟完成披露シンポジウム)	107
2024/3/26-27 ²⁾	物質・生命科学研究における小角散乱法の展開：現状と展望のための討論会	40

1) https://pf-form.kek.jp/sbrc/pf20230928_29/

2) <https://www2.kek.jp/imss/pf/workshop/kenkyukai/20240326/>

表 1-11 PF に関するセミナーのリスト

開催日	カテゴリー	講演者	題名
2023/4/7	SBRC International Cryo-EM Seminar ¹⁾	Christos Gatsogiannis	Structural insights into the peroxisomal import machinery
2023/4/10	加速器セミナー ²⁾	高山 健	円形リングに於ける実効的 DC 加速とその応用： CW THz/EUV Free-Electron Laser driven in an Isochronous Induction Storage Ring40
2023/4/13		Clemens Schulze-Briese	DECTRIS 社製検出器に関する最新情報
2023/4/24	SBRC GTP Seminar	島野 仁	リピッドコード脂質多様性と病態シグナチュア ～疾患・臓器を超えたアンチセントラルドグマ的脂質研究～
2023/4/26	材料科学部門 セミナー	佐藤篤志	Recent developments for pump-probe experiments at the SPB/SFX scientific instrument of the European XFEL
2023/5/22		Gianluigi Botton	State of the Art Electron Energy Loss Spectroscopy and Update on the Canadian Light Source Synchrotron Facility
2023/5/29	物構研コロキウム ³⁾	米山 明男	結晶 X 線干渉法と位相イメージングへの応用 - 世界最高の密度分解能のレシピ -
2023/6/26	物構研コロキウム	佐藤 友子	放射光を用いた高圧実験 & 新光源の実現に向けて
2023/7/19	加速器セミナー	田村 和宏	次世代放射光施設 NanoTerasu の現状と真空システムの紹介
2023/7/27	SBRC International Cryo-EM Seminar	Hasan DeMirici	Ambient-Temperature Time-Resolved Serial Femtosecond Crystallography Studies of Bacterial Ribosome Complexes
2023/8/9		Riccardo Signorato	An introduction to a new partner for scientists and accelerator physicists: the new High Vacuum division of the SAES getters group
2023/9/11	物構研コロキウム	小笠原 諭	モノクローナル抗体の基礎と構造生物学分野への応用
2023/9/19	SBRC International Cryo-EM Seminar	Alexander Rigort	Focused Ion Beam Scanning Electron Microscopes for Volume-EM and Cryo-Microscopy
2023/11/27	物構研コロキウム	星 健夫	富岳における超並列データ駆動科学と全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) への応用
2023/12/19	SBRC International Cryo-EM Seminar	Yuichiro H. Takagi	Structure determination of RNA-dependent RNA Polymerase 2 (RDR2) by cryo-EM and its implications for double-stranded RNA synthesis in gene silencing
2024/1/12	SBRC International Cryo-EM Seminar	永谷 幸則	ミュオン顕微鏡
2024/1/22	物構研コロキウム	真栄城 正寿	マイクロ流体デバイスを用いた脂質ナノ粒子の作製と核酸送達に向けた構造解析
2024/1/30	加速器セミナー	Erik R. Hosler	The Last Light Source
2024/1/30	加速器セミナー	Patrick P. Naulleau	Coherence reduction in accelerator-based lithography systems
2024/2/19	物構研コロキウム	竹谷 敏	ガスハイドレートのガス貯蔵メカニズム解明を目指して
2024/3/8		Minna Patanen	Soft X-ray spectroscopy and imaging of environmental aerosols and biomaterials
2024/3/25	退職記念最終講義	小杉 信博	
2024/3/27	退職記念セミナー	坂中 章悟	PF リングの歴史

1) <https://pf-form.kek.jp/sbrc/>2) <https://www2.kek.jp/accl/seminar/previoussemin05/>3) <https://www2.kek.jp/imss/event/for-researchers/imss-colloquium/>

1-9. 広報・アウトリーチ

フォトンファクトリー（PF）は、学術研究や産業振興、研究人材育成に幅広く貢献しており、その成果の広報・普及活動は施設としての重要な責務である。PFに関連する広報・アウトリーチは、一般向けおよび報道関係者向けに関しては主に物質構造科学研究所の広報室、研究者向けは主に運営部門が中心となって実施しているが、両者は連携を取って活動を進めている。ここにあげた活動の他、パンフレット・フライヤーの作成、ウェブサイトの整備・更新、SNS（Facebook、旧 Twitter の X）による情報発信、グッズやポスター等のデザインなどの通常の広報業務を行っている。

近年は COVID-19 の影響で多くのイベントが中止やオンライン開催になっていたが、2023 年度は一般公開をはじめとする多くのイベントがオンサイトで実施されるようになり、通常の生活が戻ってきたことを実感する年となった。

（1）報道機関向け発表（プレス発表）

2023 年度は、PF の研究成果（PF スタッフによる研究で、PF を利用しない研究も含まれる）やイベントの告知等に関連して、以下の 14 件のプレス発表を行った（日付はウェブ公開時）。プレスリリースの詳細（PF 以外の物構研の成果も含む）は以下のウェブサイトにもとめられている。
<https://www2.kek.jp/imss/news/press.html>

2023 年

- 4月6日 プレートの沈み込み帯の短期的な流体移動の痕跡を上盤マントルで発見
- 5月9日 軽石のナノスケール岩石学から福徳岡ノ場の新しい噴火モデルを提案 ～マグマの酸化が噴火の引き金に～
- 5月10日 ナノ構造内における強相関電子の量子化条件の特定に成功 ～次世代の量子デバイス開発に新指針～
- 6月13日 肝がん再発予防薬の標的タンパク質を同定 ～タンパク質架橋酵素の立体構造を変えて肝がん幹細胞を制する～
- 6月13日 バンドトポロジの性質、アモルファス薄膜で発見 応用に適した新材料で次世代センサや素子の開発を加速
- 6月28日 基礎物性から迫る抗菌性ゼオライトの秘密
- 7月7日 進化の過程で失った機能を復活させ、回転型分子モーターの加速に成功 ～タンパク質複合体の協奏的機能を制御する新手法～
- 9月19日 金属有機構造体（Metal-Organic Framework：MOF）において光照射により予期せぬ超高速構造変化を発見 ～光励起による強誘電性発現などにより新規超高速光応答デバイスの開発へ～

- 9月22日 【取材案内】ノーベル化学賞受賞のアダ・ヨナット博士が受賞後初めて KEK を訪問します～フォトンファクトリーでの実験が受賞業績に～
 - 11月17日 反強磁性体に隠れた質量ゼロの電子を初めて観測 — 省エネルギー技術や量子デバイスへの応用を拓く —
 - 12月4日 二次元に閉じ込めた重い電子をはじめて実現 — 近藤効果と低次元性が絡んだ新たな物性発現へ —
 - 12月14日 集まれ！分子 ～含水溶液中における疎水性物質の集合状態を観察～
- 2024 年
- 2月22日 磁場に対する円偏光活性をもつらせん導電性高分子の合成に成功
 - 3月29日 血液凝固因子の正常な分泌に必須なカーゴ受容体の全長構造をクライオ電子顕微鏡によって解明 - 従来の定説を覆す四量体の全長構造と亜鉛による制御機構を解明 -



図 1-9 （上）記者会見で質問に答える Yonath 博士。（下）Yonath 博士を囲む PF のスタッフ。

9月22日に取材案内をリリースしたとおり、9月27日にKEK 特別栄誉教授である Ada Yonath (アダ・ヨナット) 博士がPFに来訪し、実験ホールで記者会見を行った。ヨナット博士は、PFで最初にタンパク質結晶構造解析ビームラインが共同利用に公開された1987年から約10年間、PFを繰り返し訪れてリボソームの構造解析に取り組んだ。当時、遠い日本のPFで実験を行った理由を記者から質問された博士は「良い装置が使えるのなら私は世界のどこへでも行くつもりでした」と答えている。

(2) KEK 一般公開

2023年度の一般公開は秋分の日である9月23日(土)に開催された。2020年から2022年はCOVID-19の影響でオンライン開催や人数限定のツアー方式としていたが、4年ぶりに従来の形での開催となった。PFも従来とほぼ同規模で実験ホールおよびリングを公開し、展示や体験企画等を実施した。BL-15A2では、高木秀彰助教と南日本酪農協同株式会社の中野智木氏によるサイエンスカフェ「モーよく分からない! ミルクの謎」と題し、実験装置の前で牛乳のナノサイエンスに関するトークを行なった。研究本館では、次期光源計画PF-HLSを紹介するブースを設置し、PF-HLSのパンフレットを配布した。

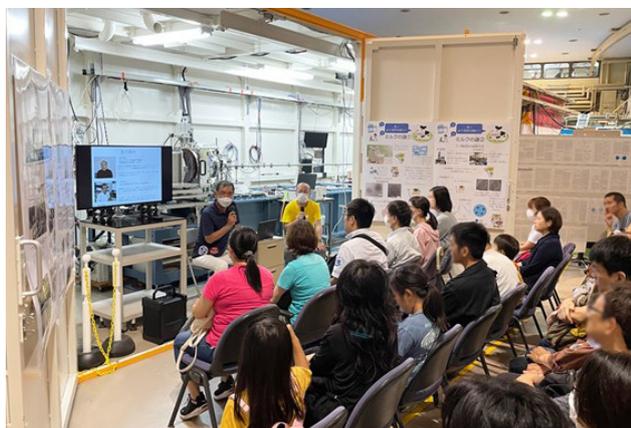


図1-10 KEK一般公開。(上)開発研究多機能ビームライン建設予定地(BL-11)を公開。壁にビームラインを通す穴が開いている。(下)BL-15A2で行われたサイエンスカフェ。

また、学生限定事前予約制の「研究者と歩くKEK一般公開バックヤードツアー」という定員4名のツアーも開催された。公開していないビームラインやクライオ電顕など、高校生や大学生などに一般公開では公開していない装置を時間をかけて見てもらうことができた。

毎年4月の科学技術週間の週末に行なっている春のキャンパス公開も、2021、2022年はオンラインイベントとして開催していたが、2023年度は4月22日(土)に従来とほぼ同様に現地で開催し、PFは見学ツアーの公開箇所として見学対応を実施した。

(3) KEK主催の科学イベント等への参加

2023年度のKEK公開講座第1回は6月3日(土)に構造生物学研究センターの千田俊哉センター長と稲葉理美研究員が「クライオ電子顕微鏡で分子と生命をつなぐ」と題し、分子の世界で捉える生命科学について紹介した。第2回は11月11日(土)に、山下翔平助教が東京大学大学院理学系研究科の高橋嘉夫教授とともに「はやぶさ2からの贈り物~小惑星リュウグウの石からわかったこと」と題して、放射光を用いたはやぶさ2リターンサンプルの分析について紹介した。2022年度の公開講座はオンラインで実施されたが、2023年度はどちらもKEKつくばキャンパスでの現地開催となった。

(4) 小・中学生、高校生向けアウトリーチ

KEKが主催するTYLスクール理系女子キャンプは、女子高校生に理系専門職の進路に興味を持ってもらうための滞在型スクールである。2023年度は4月3日~4日にKEKつくばキャンパスにて行われた。1日目は、霧箱による自然放射線の飛跡の観測と半減期の測定の実習及び女子大学院生によるパネルディスカッション、2日目は女性研究者による講義とPFリングと実験ホールを含む施設見学を実施した。また、前年度の理系女子キャンプ2022の取り組みについて、公益財団法人・日産財団から、リカジョ育成賞・奨励賞が授与された。奨励賞の受賞は2年連続となり、研究機関が複数の大学と協力して理系女子の育成に取り組んでいることが高く評価されている。

高校生・高専生を対象としたKEKウィンター・サイエンスキャンプは12月25日~28日に行われ、「回折で小さなものを見てみよう」の実習を小出常晴功労職員らが担当した他、PFの施設見学も行われた。

KEKの事業「KEKキャラバン」では、小中学校・高校や一般団体への出前授業等を実施しており、PF関連でも多くの授業が実施された。11月14日には長崎県立長崎北陽台高等学校のつくばへの研修旅行に合わせて、宇佐美徳子講師が「加速器とライフサイエンス」の講演を行った。また、2024年3月29日に行われたつくばサイエンスエッジ2024内の企画「理系女子トーク先輩たちのキャリアのリアル」には成田千春技術員が講師の1人として参加し、これまでの経歴や仕事の内容について話し、高校生の質問に答えた。

(5) 外部機関主催イベント等

2022年6月から2023年9月は、国連により「持続可能な発展のための国際基礎科学年（IYBSSD）」と定められ、KEKは日本唯一の創設パートナーとして参加した。IYBSSDの最大のイベントの一つである「24時間ウェビナー」が世界環境デーである6月5日に開催され、阿部仁准教授が、自身に関わるアフリカ放射光計画を紹介するなどオンラインでのトークを行った。

7月15～16日には日本で開催された国際物理オリンピック2023の施設見学に協力した。約80の国と地域から参加した240名の高校生がPF実験ホールを見学した。

(6) 一般見学への対応

2023年度は、一般見学の人数や件数もほぼ2019年度以前の規模に戻り、高校生を中心に約150団体の見学に対応した。海外からの見学も再開している。

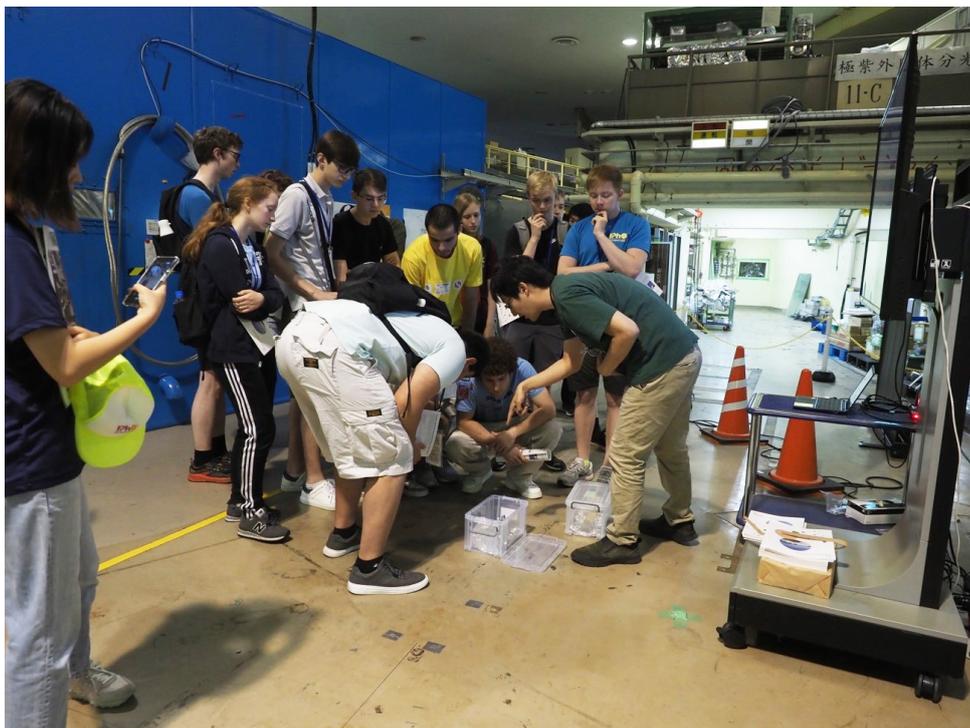


図 1-11 国際物理オリンピック 2023 参加者の施設見学。開発研究多機能ビームライン建設予定地で、光学素子などを紹介。

1-10. 外部資金

フォトンファクトリー（PF）では、文部科学省科学研究費（科研費）を積極的に獲得して放射光施設を活用した学術研究を推進している。また同時に、国家プロジェクトに基づく大型外部資金等を獲得し、課題解決型の取り組みを推進しつつ、実験ステーション等の整備・高度化を進めている。2023年度のフォトンファクトリー関連（低速陽電子実験施設、構造生物学研究センターを含む）の外部資金獲得状況は、以下の通りである。科研費では特別推進研究「時間分解X線溶液散乱法による光化学反応の構造可視化」、学術変革領域研究「データ記述科学を用いた材料解析とそのイノベーション展開」をはじめとして、全27件の補助を受けている。受託研究については、受託代表機関からの再委託を含む。

科研費では、特別推進研究「時間分解X線溶液散乱法に

よる光化学反応の構造可視化」（研究代表者：足立伸一）、学術変革領域研究「データ記述科学を用いた材料解析とそのイノベーション展開」（研究代表者：木村正雄）、基盤研究（A）「X線顕微鏡と応用数学の融合による航空機用複合材料の破壊トリガーサイト特定」（研究代表者：木村正雄）、「波長分散型軟X線吸収分光法の高度化による表面化学反応のリアルタイムオペランド追跡」（研究代表者：雨宮健太）をはじめとして、新規7件・継続21件の全28件の補助を受けている（表1-13）。

受託研究としては、文部科学省、内閣府、日本医療研究開発機構（AMED）、科学技術振興機構（JST）や日本学術振興会（JSPS）などからの委託14件（表1-14：受託代表機関からの再委託を含む）の他、シンシナティ大学からの委託1件（表1-15）があった。

表 1-13 文部科学省科学研究費（科研費）

研究種目	件数		
	新規	継続	合計
特別推進研究	0	1	1
新学術領域研究	0	0	0
学術変革領域研究	0	1	1
基盤研究（S）	0	0	0
基盤研究（A）	0	2	2
基盤研究（B）	1	8	9
基盤研究（C）	5	3	8
若手研究	1	4	5
挑戦的研究（開拓）	0	1	1
挑戦的研究（萌芽）	0	1	1
研究活動スタート支援	0	0	0
計	7	21	28

表 1-14 国からの受託研究

事業名	研究題目	研究代表者	新規・継続
生命科学・創薬研究支援基盤事業	生命科学と創薬研究に向けた相関構造解析プラットフォームによる支援と高度化（KEK におけるタンパク質相関構造解析の包括的支援と高度化）	千田 俊哉	継続
データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト事業	智慧とデータが拓くエレクトロニクス新材料開発拠点（大型研究施設の量子ビームを用いた材料評価・解析）	佐賀山 基	継続
未来社会創造事業	繊維 / 樹脂界面のメカニクス評価のためのポイド発生・進展挙動の解明	木村 正雄	継続
戦略的創造研究推進事業「CREST（チーム型研究）」	GTP 代謝制御によるウイルス複製阻害技術の開発	千田 俊哉	継続
戦略的創造研究推進事業「CREST（チーム型研究）」	電気化学触媒系の化学状態分析	野澤 俊介	継続
戦略的創造研究推進事業「CREST（チーム型研究）」	塗布型電子材料の高度結晶構造解析	熊井 玲児	継続
戦略的創造研究推進事業「CREST（チーム型研究）」	クラスター錯体構造の ex situ/in situ 分光分析	君島 堅一	継続
創発的研究支援事業	あらゆる半導体デバイスに適用できるオペランド観測技術の確立	福本 恵紀	継続
生命科学・創薬研究支援基盤事業	膜タンパク質のクライオ電顕単粒子解析の支援と高度化	川崎 政人	継続
次世代がん医療加速化研究事業	神経膠芽腫の増殖ストレス緩和システムを標的とする新規がん治療戦略の確立	千田 俊哉	継続
戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）	統合的分子標的農薬の創農薬システムによる農薬の安全革命～もう無農薬栽培なんて必要ない～	加藤 龍一	新規
循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策実用化研究事業	代謝産物センサー分子を標的にした糖尿病・肥満関連疾患の包括的な治療体系の構築	加藤 龍一	新規
二国間交流事業	放射光を用いた溶液中の化学反応機構の解明	野澤 俊介	新規
光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）	先端レーザーイノベーション拠点「次世代アト秒レーザー光源と先端計測技術の開発」	足立 伸一	継続

表 1-15 その他の公的資金による受託研究

事業名	研究題目	研究代表者	新規・継続
NIH Research Project Grant Program (R01)	Therapeutic resistance and aggressive malignancy in glioblastomas: the contribution of GTP metabolism through regulation by IMPDH2	千田 俊哉	継続

1-11. 将来計画

PFは、2015年度から2017年度までの3年間、KEK放射光計画の検討を行った。電子エネルギー3 GeV、エミッタンス0.13 nmrad、周長570 mの最新型ラティスによる蓄積リング型光源の建設を目指す計画であり、PFの利用者団体であるPF-UAの組織したKEK放射光検討委員会等の協力により、700ページを超える概念設計報告書(CDR)も作成されている。しかしながら、2018年度に量子科学技術研究開発機構と光科学イノベーションセンターによる次世代3 GeV光源が仙台に建設されることが決まったことから、短期計画としてKEK放射光計画で検討した技術要素を活用してPFリングとビームラインの高度化を進め、長期計画として10年先を見据えた新光源の検討とR&Dを行う方針に転換した。

KEKの新プロジェクトの優先順位を定めるKEK-PIP2022が2022年6月24日付で策定された。国際諮問委員会(KEK-SAC)の評価をもとに、新プロジェクトはCategory I (A Project to Be Implemented by KEK) とCategory II (Projects to Make New Budget Requests) に分類され、R&D for New Light Source Facilityが唯一、Category Iに選定されている。これにより、広波長域軟X線ビームライン(BL-12A)と開発研究多機能ビームライン(BL-11A、-11B)の建設に予算的な目途が立った。前者は2023年度末に建設が完了した。後者は2025年度秋の建設完了・利用開始を予定している。これらのビームラインでは、次期光源Photon Factory Hybrid Light Source, PF-HLSの実現に向けて、それぞれ、広波長域利用と2ビーム利用の技術実証が進められる。

開発研究多機能ビームラインは、放射光学術基盤ネットワーク(PF、UVSOR、HiSOR)の中核事業としても位置付けられており、R&Dビームライン検討会を合同で開催している。2023年度には、第15回から第20回までの6回の検討会が開催された。

2015年度から2017年度に計26回開催されたKEK放射光検討会は、2018年度からは、KEK将来光源検討会と名称を変更して、年4回の開催となった。2021年10月には、機構長の求めに応じて、KEKとしてフォトンファクトリーの長期計画を推進するために、フォトンファクトリー計画推進委員会が設置され、年2回の開催となっている。2023年度には、第21回から第24回のKEK将来光源検討会が開催された。第22回と第24回の検討会は、それぞれ、第4回と第5回のフォトンファクトリー計画推進委員会として開催された。今後も、偶数回の検討会は、KEKの正式な委員会として、委員以外にも公開で開催される。また、放射光共同利用実験審査委員会(PF-PAC)の全体会議やPF-UAの幹事会・運営委員会の他、第41回PFシンポジウム等で、将来計画についての報告と議論が行われた。なお、第5回フォトンファクトリー計画推進委員会では、

PF-HLSの蓄積リングについて、周長750 m、蓄積エネルギー2.5 GeV/5.0 GeV 選択式(切替式)が候補として仮決定された。

日本学術会議が募集してきた「学術の大型研究計画に関するマスタープラン」「学術の中長期研究戦略」が終了となり、代わって文部科学省より「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想(ロードマップ2023)」の募集が行われた。KEK-PIP2022を踏まえ、KEK機構長を提案者として、マルチビームをキーワードとして含む量子ビーム科学のビジョンと新放射光源施設を中心とした施設計画「物質・生命科学の研究分野を深化・融合・創成する放射光マルチビーム実験施設」の申請が行われた。並行して概念設計をまとめたデザインレポート(PF-HLS CDR ver. 1)をまとめて公開した。今後も引き続き検討内容を充実化し、年2回の更新を行っていく予定である。

将来計画の推進のため、フォトンファクトリー新放射光源施設計画のウェブサイトを開示した。ウェブサイト(<https://www2.kek.jp/imss/pf/pf-hls/>)から将来計画に関する各種の情報にアクセスすることが可能になっている。

将来計画に関する主な発表、その他

- ・「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想(ロードマップ2023)」へ応募(2023/6/30)
- ・第4回フォトンファクトリー計画推進委員会(2023/7/14)
- ・第5回フォトンファクトリー計画推進委員会(2024/1/18)
- ・PF-HLS CDR ver. 1 公開(2024/1/18)
- ・KEK-SAC(2024/3/1)「Development of New Light Source」